

ПРИМЕНА НА ФОРАМИНИФЕРИТЕ ЗА ДЕФИНИРАЊЕ НА УСЛОВИТЕ НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА

Виолета Стојанова¹, Гоше Петров¹ Виолета Стефанова¹

¹Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип
violeta.stojanova@ugd.edu.mk

Апстракт. Во овој труд се претставени некои од можностите за интерпретација на условите на животната средина врз основа на податоците добиени од истражувањата на фораминиферните асоцијации. Претставени се три критериуми: индексот на разновидност α (индекс на Fisher), триаголниот дијаграм на физичко-хемиските услови и индексот τ како батиметриски индикатор.

Клучни зборови: фораминифери, палеоеколошка интерпретација, критериуми, параметри.

APPLYING OF FORAMINIFERS FOR DEFINING THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Violeta Stojanova¹, Goše Petrov¹ Violeta Stefanova¹

¹Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delcev University, Stip, Macedonia
violeta.stojanova@ugd.edu.mk

Abstract. In this paper presents some of the possibilities for interpretation of environmental conditions on the basis of data obtained from research foraminiferal associations. Presented three criteria: diversity index α (Fisher-index), the triangular diagram of physico-chemical conditions and index τ as bathymetrical indicator.

Kew words: foraminifers, paleoecological interpretation, criteria, parameters.

1. Вовед

Присуството на фосили во литолошките средини даваат многу податоци за палеоеколошките услови на тие средини. Во таа смисла фосилите претставуваат добар извор на информации, за реконструкција на условите и начинот на живот на организмите во една животна средина.

Во текот на последните пет децении фораминиферите претставуваат една од основните групи на организми, кои се користат за интерпретација на старите морски средини.

Фораминиферите се едноклеточни организми со минерализирана куќичка, присутни во широк спектар на средини, од плитки солени води до најдлабоките делови на морско-океанските средини. Имаат широко хоризонтално распространение во седиментите, со геолошка старост од камбриум до денес, и се познати над 40.000 видови [12]. Асоцијацијата на фораминиферната фауна од палеогениот период од Тетискиот регион, во најголем дел, е слична со изгледот на современите фораминифери (претежно на генеричко ниво). Тој факт овозможува креирање на модели преку дистрибуцијата на современите фораминифери да се реконструираат условите на егзистирање во изминатите геолошките временски интервали. Условите потребни за постоењето на фораминиферните видови во голем број случаи се добро дефинирани и се користат како индикатори на животната средина.

Промените кои се јавуваат кај фораминиферните асоцијации, укажуваат на промена на условите во животната средина, кои се рефлектираат со варирање во бројноста и морфологијата на фораминиферните куќички, додека нивната структура дава корисни информации за општите карактеристики на квалитетот на животната средина [1, 7, 8, 2].

Денес, современите достигнувања во палеоеколошките истражувања на фораминиферните асоцијации го одредуваат значењето и улогата на малите фораминифери и насоката на истражување од палеоеколошки аспект.

Овој труд има за цел да претстави некои од можностите за интерпретирање на условите на животната средина врз основа на податоците од изучувањето на таксономскиот состав и структурата на фораминиферната бентосна асоцијација.

2. Резултати

Со микропалеонтолошки испитувања на фораминиферна фауна во палеогените седименти на територијата на Република Македонија пронајдена е богата и разновидна микрофораминиферна

асоцијација, претставена од планктонски и бентосни фораминифери. Колекцијата на палеогенската фораминиферна фауна е претставена со 80 вида, кои се однесуваат на 30 фамилии.

Бентосните фораминифери количински се доминантно застапени, разновидни се, и претставени со голем број на видови, додека планктонската фораминиферна фауна е еднообразна и количински помалку застапена во однос на бентосните фораминифери.

Бентосните фораминифери поради нивната висока чувствителност на условите на животната средина, во светски рамки, се повеќе се користат за еколошки и палеоеколошки студии [17].

Најчесто користени критериуми за интерпретација на условите на животната средина кај фораминиферните асоцијации се: индексот на разновидност α (индекс на Fisher), триаголниот дијаграм на физичко-хемиски услови и индексот *tau* како батиметриски индикатор.

2.1. Индекс на разновидност α (индекс на Fisher)

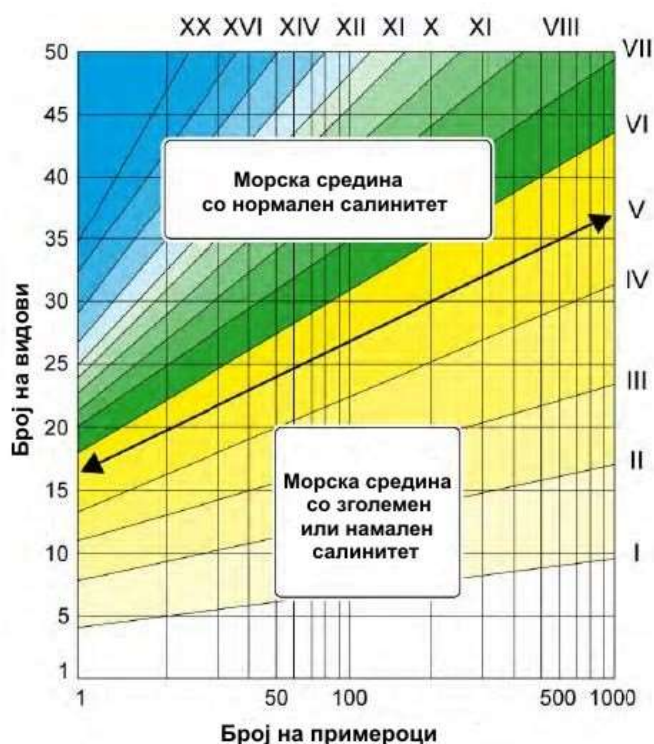
Индексот на разновидноста е воведен од Fisher [14], кој го дава односот помеѓу бројот на видовите и бројот на примероци во пробите:

$$\alpha = n_1 : x$$

каде: x е константа која има вредност <1 ; $n_1 = N(1 - x)$ каде N е бројот на примероци во секоја проба.

Индексот на разновидноста α може да се одредува математички, но во пракса најчесто неговата вредност се одредува со помош на графикон (Слика 1).

Индексот на разновидност α [21] директно се добива од графиконот и тоа од бројот на примероци (од апсцисната оска) и бројот на видовите (од ординатата оска). Од графиконот се гледа дека ниските вредности на индексот α (од V до I) укажуваат на големи промени на некои од параметрите на средината. Треба да се има во вид и фактот дека разновидноста на видовите во фосилните асоцијации може да биде под влијание и на таксономските фактори.



Слика 1. Графичко прикажување на индексот на разновидноста α (по Wright, 1972)

Figure 1. Graphic illustrating of the diversity index α (after Wright, 1972)

2.2. Триаголен дијаграм на физичко-хемиски услови

Овој дијаграм се базира врз основа на три типа на структурата кај фораминиферните куќички и тоа: аглутинирана, порцелановидна и хиалинска, кои припаѓаат на подредовите - Textulariina, Miliolina и Rotaliina од класификацијата на Loeblich & Tappan [11]. Со анализа на составот на биоценози и користење

на трите типа на структура кај фораминиферните куќички, се добиваат податоци за физичко-хемиски услови на средината. Од триаголниот дијаграм може да се констатира дека точката која се наоѓа на врвот на секој агол од триаголникот покажува дека во составот на фораминиферната фауна учествува со 100 % во однос на видовите кои се вклучени во останатите две точки (врвови) на триаголникот кои учествуваат со 0%, односно истите немаат никакво учество (Слика 2).



Слика 2. Триаголен дијаграм за структурата на фораминиферните асоциации (по Murray, 1991)
Figure 2. Triangular diagram of the structure of foraminiferal associations (after Murray, 1991)

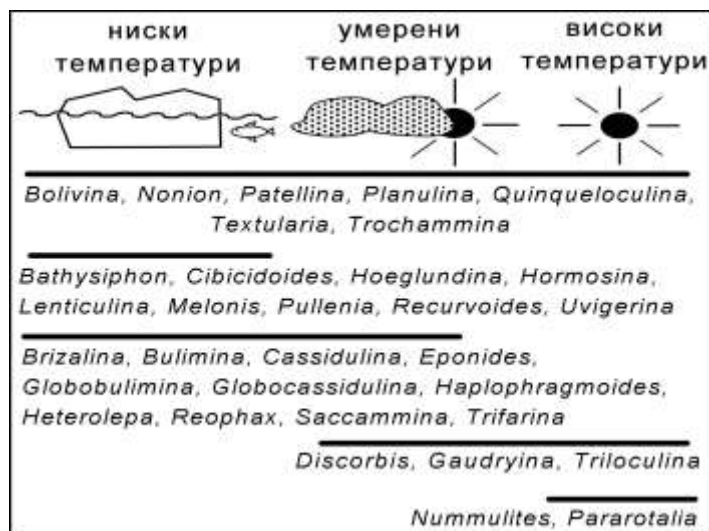
Овој дијаграм јасно покажува дека кога биоценозите ги вклучуваат хиалинските и порцелановидните фораминифери, тоа укажува на топли мориња, додека биоценози кои во составот вклучуваат хиалински и аглутинирани фораминифери упатуваат на ладни мориња.

2.2.1. Параметри на физичко-хемиските услови на средината

Параметрите, кои се предмет на интерпретација во голем дел од истражувањата се: батиметрија, температура, салинитет, содржина на растворен кислород, карактер на подлогата и динамичност на водата.

Температурата на водата е еден од важните елементи кои директно влијае врз егзистенцијата и просторната распределба на организмите.

Толеранцијата на одделни родови спрема температурните промени е прикажано на Слика 3.



Слика 3. Распространетост на живеење на современите фораминиферни родови според температурата (по Ujetz, 1996)

Figure 3. Distribution of the living foraminiferal genera according to temperature (after Ujetz, 1996)

Температурата влијае врз димензиите и морфолошките карактеристики на фораминиферната куќичка [5] и со зголемување на температурата се зголемува големината и порозноста на фораминиферната куќичка [19]. Голем број на видови кај фораминиферните асоцијации се карактеристични за средини со висока константна температура [19].

Температурата влијае и врз содржината на калциум карбонат во водената средина во однос на длабочината, и количеството на CaCO_3 се намалува со намалување на температурата. Во средините со повисока температура на водата се јавуваат претежно варовнички фораминифери со дебели сидови на куќичката [19].

Салинитетот претставува еден од важните фактори за живот на организмите во водениот басен. Голем дел од фораминиферите се адаптирани кон услови со нормален салинитет - околу 35 ‰ [6]. Најголем број од фораминиферните родови: *Anomalinoidea*, *Bathysiphon*, *Pararotalia*, *Cibicides*, *Bolivina*, *Bulimina*, *Fursenkoina*, *Heterolepa*, *Lagena*, *Nonion*, *Textularia*, *Lenticulina*, *Nonion*, *Paliolatella*, *Pullenia*, *Saccammina*, кои се застапени во средини кои бараат нормален салинитет (морска вода) од 35 - 37 ‰, претставуваат типични стенохалински организми [14]. Во палеогената фораминиферна асоцијација, исклучок се некои родови (*Quinqueloculina*, *Triloculina*) кои можат да живеат во средини со салинитет и до 65 ‰. Претставниците *Bolivina*, *Bulimina*, *Cibicides*, *Globobulimina*, *Nonion* се толерантни и кон средини со намалена соленост [15].

Исто така, како индикатор за средини со нормален салинитет може да се земе и присуството на планктонските фораминифери во пробите [19].

Од графичкото прикажување на индексот на разновидноста α , вредностите на $\alpha > 5$ индицираат на нормална соленост [14]. Вредностите на $\alpha < 5$ укажуваат на хипосалински и хиперсалински услови на средини со ниска разновидност на видовите (Слика 1).

Дополнителни информации за салинитетот на средината дава и триаголниот дијаграм [14], каде кај нормално солените води доминираат фораминифери со хиалински куќички, хипосолените средини (<32‰) се карактеризираат со доминација на аглутинирани форми, а индикација за хиперсолени средини (>40‰) е доминантната улога на таксони со порцелановидна куќичка.

Содржина на растворен кислород

Добра аерација на водената средина се карактеризира со разновидна варовничка фораминиферна фауна, куќички со големи димензии и дебели сидови и добро развиена орнаментика [14, 19].

Количината на растворениот кислород во средината може да биде утврдена со присуство на одредени родови во фораминиферната асоцијација. На пример, родовите *Bolivina*, *Bulimina*, *Cyclammina*, *Bathysiphon* егзистираат во водена средина со намалена содржина на растворен кислород [19]. Друг индикатор за содржината на растворениот кислород претставува и порозноста на фораминиферните куќички, каде куќички со големи пори укажуваат адаптација кон нискокислородна средина [16].

Карактер на подлогата

Влијанието на подлогата директно влијае врз морфологијата на куќичката особено кај аглутинираните фораминифери. Структурата на сидот кај аглутинираните фораминифери претставува карактеристичен белег кој дава индикација за карактерот на подлогата. Фиоаглутинирани фораминиферни видови индицираат на фиозрнеста подлога и обратно - присуството на грубоаглутинирани куќички укажува на грубозрнести седименти [5].

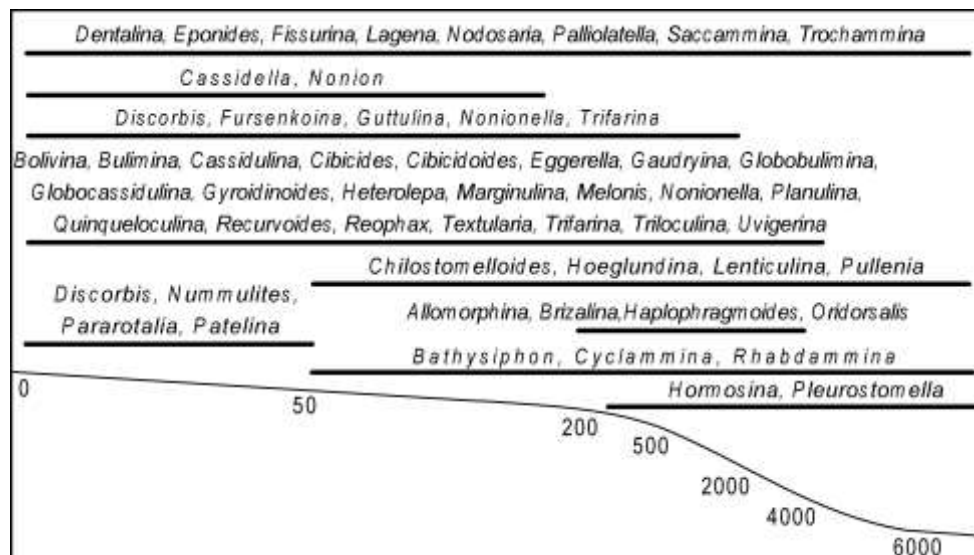
Динамичност на водената средина

Истражувањата на современите аглутинирани фораминифери покажуваат дека карактерот на куќичката е во директна зависност со динамичноста на средината. Грубоаглутинираните фораминиферни куќички со компактна куќичка се карактеристични за средини со поголема динамичност на водената средина [10]. Фиоаглутинираните фораминиферни куќички со мали димензии и крива конструкција се карактеристични за средини со помала динамичност на водената средина и фиозрнеста подлога.

Друг индикатор за енергијата на водената средина е висок степен на разновидност на видови кај фораминиферните асоцијации.

Батиметрија

Батиметријата претставува дел од тродимензионалниот простор, тесно поврзана со одредени параметри на средината како што се: температура, притисок, светлина, аерација, салинитет и т.н. [9]. За интерпретација се користи границата помеѓу континенталниот шелф и континенталната падина, значајна за батиметриското распространение на современи фораминиферни родови, аналогни на оние од фосилните асоцијации. Степенот на дистрибуција на одделните видови фораминифери е прикажан на Слика 4.



Слика 4. Батиметриско распространение на современите фораминиферни родови (по Ujetz, 1996)

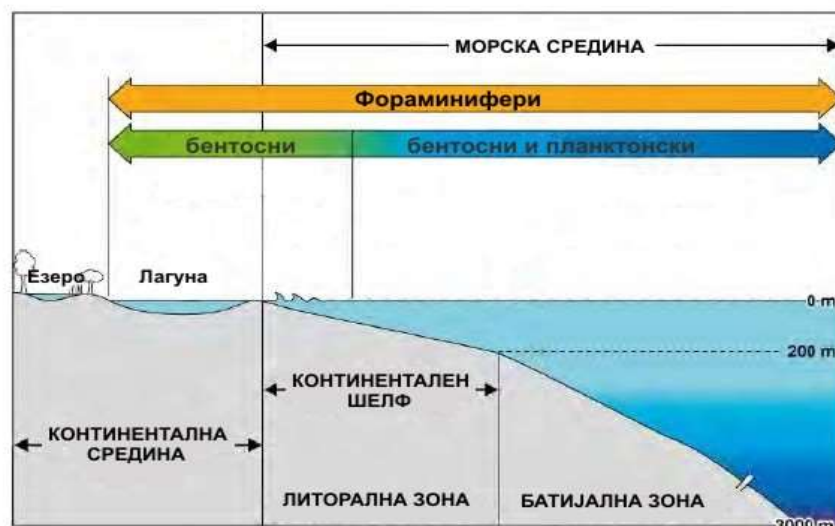
Figure 4. Bathymetrical distribution of modern foraminiferal genera (after Ujetz, 1996)

2.3. Индекс τ

Индексот τ е воведен од Gibson (1988) и тоа како индикатор на длабочината. Се пресметува по формулата:

$$\tau = b \% p$$

каде: b е бројот на бентосни фораминиферни видови, а p - бројот на планктонски фораминиферни куќички во секоја проба. Со зголемување на длабочината се зголемуваат и вредностите на τ .



Слика 5. Распространетост и фораминиферна разновидност во палеосредини
Figure 5. Distribution and diversity of foraminifera and paleoenvironments

Таксономската разновидност кај фораминиферните асоцијации, исто така, даваат информации за батиметријата. Најголема разновидност на фораминиферни видови се забележува во долните делови на континенталната падина [13]. Додека вредноста на индексот на Fisher се зголемува со зголемување на длабочината.

Според Murray [13], внатрешниот шелф се карактеризира со присуство на планктонски примероци помалку од 20%, во горните делови на континенталната падина присуството на планктонски примероци

изнесува до 70%, додека највисоки вредности на планктонски примероци се утврдени во долните делови на континенталната падина и тоа околу 90% [4] Слика 5.

Gibson [9] индексот *tau* го нарекува и длабински индикатор. На длабочина до 40 m вредностите на индексот *tau* се помали од 100. На длабински интервал од 40 до 1000 m вредностите се помеѓу 100 и 1000, и на длабочина до 2000 m се движат од 1000 до 10 000.

3. Заклучок

Врз основа од презентираниите критериуми, како и од можните интерпретации на параметрите на средината може да се каже дека малите бентосни фораминифери поседуваат значителен потенцијал за палеоеколошка интерпретација, и тоа од податоците на анализата на таксономскиот состав и структурата на фораминиферни асоцијации.

Палеоеколошката интерпретација на животната средина е со поголема точност ако покрај овие критериуми се применат и други испитувања како што се: примена на други фосилни методи, седименталоски анализи, геохемиски и минералоски податоци, податоци од стратиграфијата и др.

За интерпретација во трудот се користени современи фораминиферни родови, аналогни на палеогените фораминиферни асоцијации.

Примената на современите фораминиферни родови аналогни на палеогените фораминиферни асоцијации за палеоеколошката интерпретација, има одредени ограничувања. Точноста на интерпретацијата се намалува доколку се зголемува временското растојание, а со тоа се намалува и сличноста на видовите во составот помеѓу современите и фосилните фораминиферни асоцијации.

Литература

- [1] Alve, E., “Benthic foraminiferal distribution and recolonization of formerly anoxic environments in Drammensfjord, southern Norway”, *Marine Micropaleontology*, 25:169-185, 1995.
- [2] Armynot du Châtelet E., Debenay J. P., Saulard R., “Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors”, *Environmental Pollution* 127, 27–40, 2004.
- [3] Bellier, J. P., Mathieu, R., & Granier B., “Short Treatise on Foraminiferology (Essential on modern and fossil Foraminifera)”, *Notebooks on Geology*, Brest, 104 p., 2010.
- [4] Boersma, A., Foraminifera.- In: Haq, B. U., A. Boersma (eds.), “Introduction to Marine Micropaleontology”, *Elsevier Biomedical*, 19-78, 1983.
- [5] Boltovskoy, E., D. B. Scott, F. S. Medioli, “Morphological variations of benthonic foraminiferal tests in response to changes ecological parameters”: a review.- *J. Paleont.*, 65, 2, 175-184, 1991.
- [6] Brasier, M., “Microfossils”, *George Allen & Unwin*, p.193, 1980.
- [7] Debenay, J. P., et al. “Relationships between foraminiferal assemblages and hydrodynamics in the Gulf of Kalloni”, Greece, *J. Foraminif. Res.*, 35, 327–343, 2005.
- [8] Geslin, E., et al. “Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environments: comparison between polluted and non-polluted areas”, *Marine Micropaleontology*, 45, 151–168, 2002.
- [9] Gibson, T. G., “Assemblage characteristics of modern benthic foraminifera and application to environmental interpretation of Cenozoic deposits of Eastern North America”.- *Rev. Paleobiol.*, col. spec., 2, 777-787, 1988.
- [10] Jones, G. D., “A Paleoeological Model of Late Paleocene “Flysh-Type” Agglutinate Foraminifera Using the Paleoslope Transect Approach, Viking Graben, North Sea”.- *Abh. Geol. Bundesanstalt*, 41, 143-153, 1988.
- [11] Loeblich, A. R., H. Tappan, “Sarcodina, chiefly “Thecamoebians” and Foraminifera”, - In: Treatise on invertebrate paleontology: *Prosita* 2, C, 1-900, 1964.
- [12] Loeblich A. & Tappan H., “Foraminiferal genera and their classification”, - *Van Nostrand Reinhold*, New York, vol. 1, 970 p. ; vol. 2, 212 p. + 847 pls., 1987.
- [13] Murray, J. W., “A method of determining proximity of marginal seas to an ocean”, *Mar. Geol.*, 22, 103 -119, 1976.
- [14] Murray, J. W., “Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera”, *Longman Scientific & Technical.*, 397 p., 1991.
- [15] Murray, J. W., D. Curry, J. R. Haynes, C. King, Paleogene. - In: Jenkins, D. G., J. W. Murray (eds.), “Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera”, *British Micropaleontological Society Series*, 490-536, 1989.
- [16] Perez-Cruz, L. L., Machain-Castillo M. L., “Benthic foraminifera of the oxygen minimum zone, continental shelf of the gulf of Tehuantepec”, Mexico.- *J. For. Res.*, 20, 4, 312-325, 1990.

- [17] Samir et al, "Cluster analysis of recent benthic foraminifera from the northwestern Mediterranean coast of Egypt", *Revue de Micropaleontologie* 46, 111–130, 2003.
- [18] Stojanova, V., Petrov G., "Paleoecological importance of small foraminifers from Ovce Pole basin in the Republic of Macedonia", *Proc. EMMM*, Moscow, 265-267, 2011.
- [19] Ujetz, B., "Micropaleontology of Paleogene deep water sediments, Haute-Savoie, France", *Publ. Dep. Geol. paleontol. Univ. Geneve*, 22, 149 p., 1996.
- [20] Valchev B., "On the potential of small benthic foraminifera as paleoecological indicators: recent advances", *Annual, University of Mining and Geology*, Sofia, 46, 189-194, 2003.
- [21] Wright, C. A., "Foraminiferids from the London Clay at Lower Swanwick and their paleoecological interpretation", *Proc. Geol. Ass.*, 83, 3, 337-348, 1972.